

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 19 FEB 2003
WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 26 028.1

Anmeldetag: 12. Juni 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Bauelement und Verfahren zu dessen Herstellung

IPC: B 81 B, B 81 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoiß

5 **Bauelement und Verfahren zu dessen Herstellung**

Stand der Technik

10 Die Erfindung betrifft ein Bauelement, insbesondere ein Sensorelement, mit einem als Träger dienenden Substrat und einer Siliziumschicht, in der die Bauelementstruktur ausgebildet ist. Die Bauelementstruktur umfasst mindestens ein unbewegliches Element, insbesondere eine Elektrode. Die Erfindung betrifft ferner eine
15 Verfahren zum Herstellen eines solchen Bauelements.

In der Praxis werden viele Bauelemente und insbesondere Sensorelemente mit beweglichen Strukturelementen aus sogenannten SOI(Silicon-on-Insulator)-Wafers hergestellt. Der Aufbau eines SOI-Wafers umfasst in der Regel eine monokristalline Siliziumschicht, die über eine Siliziumoxidschicht mit einem Siliziumsubstrat verbunden ist. Die Bauelementestruktur wird in der monokristallinen Siliziumschicht ausgebildet. Zum Freilegen von beweglichen Strukturelementen wird die Siliziumoxidschicht unter diesen Strukturelementen entfernt. Die Siliziumoxid-schicht wird deshalb auch als Opferschicht bezeichnet. Das Entfernen der Opferschicht erfolgt üblicherweise in einem Ätzverfahren, bei dem in der Regel auch andere Teile der Bauelementestruktur unterätzt werden. Dies erweist sich in der Praxis insbesondere in Bezug auf unbewegliche Elemente der Bauelementestruktur, wie z.B. die Elektroden, als problematisch. Das unter den Elektroden befindliche Siliziumoxid wird nämlich beim Opferschichtätzen ebenfalls angegriffen.
30 Bislang kann eine mechanische Verankerung der Elektroden zum Siliziumsubstrat nur gewährleistet werden, wenn die Elektroden gewisse Mindestabmessungen aufweisen, so dass sie beim Opferschichtätzen nicht vollständig unterätzt werden.

Vorteile der Erfindung

Mit der vorliegenden Erfindung wird ein Konzept zur Verankerung von unbeweglichen Strukturelementen und insbesondere zur Elektrodenverankerung für Bauelemente vorgeschlagen, deren Bauelementstruktur in einer Siliziumschicht über einem als Träger dienenden Substrat ausgebildet ist. Dieses Konzept eignet sich besonders für Bauelemente, die aus SOI-Wafern hergestellt werden.

Erfindungsgemäß wird das unbewegliche Element der Bauelementstruktur über mindestens ein sich durch die Siliziumschicht erstreckendes Verankerungselement aus einem Verankerungsmaterial mechanisch mit dem Substrat verbunden. Im Falle eines SOI-Wafers erstreckt sich das Verankerungselement durch die Siliziumschicht und die Opferschicht des SOI-Wafers. Dazu wird im Bereich der Oberfläche des unbeweglichen Elements mindestens eine Ausnehmung in der Siliziumschicht erzeugt, die sich durch die gesamte Siliziumschicht und die Opferschicht bis zum Substrat erstreckt. Die Ausnehmung wird dann mit einem Verankerungsmaterial verfüllt, so dass das unbewegliche Element über das dabei entstehende Verankerungselement mechanisch mit dem Substrat verbunden wird.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass unbewegliche Elemente der Bauelementestruktur mit Hilfe von Verankerungselementen mechanisch mit dem Substrat verbunden werden können. Voraussetzungen für eine zuverlässige Verankerung sind dabei lediglich, dass das Verankerungsmaterial mechanisch hinreichend stabil ist und durch die bei der Herstellung des Bauelements eingesetzten Prozesse, wie z.B. das Opferschichtätzen, nicht wesentlich angegriffen wird. Das erfindungsgemäße Verankerungskonzept ermöglicht die Realisierung von kleinsten Bauelementestrukturen, die dennoch fest mit dem Substrat verbunden sind, und trägt daher zur Miniaturisierung von Bauelementen bei.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten für die Realisierung eines erfindungsgemäßen Bauelements und die Ausgestaltung und Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Herstellen eines solchen Bauelements.

Im Hinblick auf eine möglichst weitgehende Miniaturisierung des Bauelements und eine zuverlässige Verankerung erweist es sich als vorteilhaft, wenn das Verankerungselement im Wesentlichen mittig zur Oberfläche des unbeweglichen Elements angeordnet ist. Dazu müssen die Siliziumschicht und im Falle eines SOI-Wafers
5 die Opferschicht entsprechend strukturiert werden.

Zum Strukturieren der Siliziumschicht bieten sich anisotrope Ätzverfahren, wie z.B. das Trennen, an, da sich mit Hilfe von anisotropen Ätzverfahren einfach relativ tief aber schmale Ausnehmungen erzeugen lassen. Auf diese Weise kann der Platzbedarf für die Bauelementestruktur minimiert werden. Die Opferschicht kann einfach durch Fortsetzung des anisotropen Ätzvorgangs zur Strukturierung der Siliziumschicht entsprechend dieser strukturiert werden. Alternativ kann die Opferschicht aber auch durch isotropes Ätzen strukturiert werden, was sich insbesondere im Hinblick auf die Ausbildung des Verankerungselementes als vorteilhaft erweist. Beim isotropen Ätzen der Opferschicht wird nämlich auch der Randbereich der Ausnehmung in der Siliziumschicht unterätzt. Beim anschließenden Verfüllen der sich über die Siliziumschicht und die Opferschicht erstreckenden Ausnehmung entsteht dann ein Verankerungselement, das sowohl aufgrund seiner Widerhakenstruktur als auch aufgrund der vergrößerten Verbindungsfläche zum Substrat eine besonders stabile Verankerung des unbeweglichen Elements gewährleistet.
10
15
20

In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Verankerungsmaterial auf der Siliziumschicht abgeschieden, nachdem die Siliziumschicht und die Opferschicht strukturiert worden sind. Dabei wächst das Verankerungsmaterial im Bereich der Ausnehmung auf dem Substrat auf, so dass die Ausnehmung verfüllt wird und ein Verankerungselement entsteht. Außerdem wird die Siliziumschicht mit Verankerungsmaterial beschichtet. Diese Beschichtung wird in der Regel zumindest teilweise wieder entfernt, wobei die Funktion der jeweils betroffenen Strukturelemente des Bauelements berücksichtigt wird.
30

Für ein Verankerungselement, das zur Verankerung einer Elektrode dient, wird vorteilhafter Weise ein elektrisch nicht leitendes Verankerungsmaterial gewählt, um einen Kurzschluss über das Substrat des Bauelements zu vermeiden. In die-

sem Zusammenhang haben sich Siliziumkarbid SiC und insbesondere siliziumreiches Siliziumnitrid SiN als Verankerungsmaterialien bewährt. Die voranstehend erwähnte Beschichtung aus Verankerungsmaterial kann sich entweder nur über einen Bereich der Elektrodenoberfläche um das Verankerungselement erstrecken oder auch im Wesentlichen über die gesamte Elektrodenoberfläche. In diesem Fall muss aber in der Beschichtung mindestens eine Kontaktloch für die Elektrode ausgebildet sein. Vorteilhafter Weise ist das Kontaktloch außerhalb des Bereichs des Verankerungselements angeordnet, so dass die mechanische Verankerung der Elektrode und deren elektrische Anbindung räumlich entkoppelt sind.

Bei einer besonders vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Bauelements ist über der Bauelementestruktur eine Kappenmembran ausgebildet, über die die Elektroden der Bauelementestruktur elektrisch kontaktiert werden. Die Kappenmembran kann hier ebenfalls über die Verankerungselemente mechanisch mit dem Substrat verbunden werden.

Zeichnungen

Wie bereits voranstehend ausführlich erörtert, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird einerseits auf die den unabhängigen Patentansprüchen nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnungen verwiesen.

Fig. 1 zeigt die perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Sensorstruktur mit beweglichen und unbeweglichen Elementen,

Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch die in Fig. 1 dargestellte Sensorstruktur nach Aufbringen einer zweiten Opferschicht zum Erzeugen einer Kappenmembran,

Fig. 3 zeigt die in Fig. 2 dargestellte Sensorstruktur nach Strukturierung der zweiten Opferschicht,

5 Fig. 4 zeigt die in Fig. 3 dargestellte Sensorstruktur nach Aufbringen und Strukturierung einer Membranschicht.

10 Fig. 5 zeigt die in Fig. 4 dargestellte Sensorstruktur nach dem Entfernen der zweiten Opferschicht.

15 Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Bei dem in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Bauelement handelt es sich um ein Sensorelement 1 zum Erfassen von 15 Beschleunigungen.

Das Sensorelement 1 ist aus einem SOI-Wafer hergestellt, der eine monokristalline Siliziumschicht 2 umfasst, die über eine Opferschicht 3 mit einem Substrat 4, hier einem Siliziumsubstrat, verbunden ist. Als Opferschicht 3 dient hier eine Siliziumoxidschicht. Die Sensorstruktur ist in der monokristallinen Siliziumschicht 2 20 ausgebildet und umfasst bewegliche Elemente 5, auf die eine Beschleunigung einwirken kann. Die Auslenkungen der beweglichen Elemente 5 aus ihrer Ruhelage werden mit Hilfe von Elektroden 6 erfasst, bei denen es sich um unbewegliche Elemente der Sensorstruktur handelt.

Erfindungsgemäß sind die Elektroden 6 jeweils über ein Verankerungselement 7 mechanisch mit dem Substrat 4 verbunden. Dazu sind die Verankerungselemente 7 jeweils im Wesentlichen mittig zur Elektrodenoberfläche angeordnet und erstrecken sich durch die gesamte Siliziumschicht 2 und durch die Opferschicht 3 bis 30 zum Substrat 4. Die Verankerungselemente 7 sind aus einem elektrisch nicht leitenden Verankerungsmaterial gebildet. Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel wird siliziumreiches Siliziumnitrid SiN als Verankerungsmaterial verwendet, da es außerdem resistent gegen das HF-Dampfätzen der Opferschicht 3 ist und Verankerungselemente aus SiN mechanisch von hinreichender Stabilität sind.

Zum Erzeugen der in Fig. 1 dargestellten Sensorstruktur werden zunächst die Ausnehmungen für die Verankerungselemente 7 der Elektroden 6 in der Siliziumschicht 2 erzeugt. Dafür wurde hier ein anisotropes Ätzverfahren, wie z.B. das Trennen, angewandt. Danach wird auch das Siliziumoxid im Bereich dieser Ausnehmungen entfernt. Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel wurde dafür ebenfalls ein anisotropes Ätzverfahren angewandt, da die Randbereiche der Ausnehmungen in der Siliziumschicht 2 nicht unterätzt worden sind. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Opferschicht 3 im Bereich der Ausnehmungen auch in einem isotropen Ätzverfahren entfernt werden kann, so dass die Randbereiche der Ausnehmungen in der Siliziumschicht 2 unterätzt werden. Mit dieser Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens können dann Verankerungselemente erzeugt werden, die sich im Bereich der Opferschicht 3 bis unter die Siliziumschicht 2 erstrecken, also eine Widerhakenstruktur aufweisen.

Die Ausnehmungen, die sich dann durch die gesamte Siliziumschicht 2 und die Opferschicht 3 bis zum Substrat 4 hin erstrecken, werden nun mit dem Verankerungsmaterial verfüllt. Dazu wird SiN in einem Depositionsschritt auf der Siliziumschicht 2 abgeschieden, so dass es im Bereich der Ausnehmungen auf dem Substrat 4 aufwächst. Es muss so viel SiN abgeschieden werden, dass die Ausnehmungen anschließend verschlossen sind. Gleichzeitig wird die Siliziumschicht 2 mit Verankerungsmaterial beschichtet. Diese SiN-Beschichtung 8 wurde im hier dargestellten Ausführungsbeispiel so strukturiert, dass sie auf den Elektrodenoberflächen verbleibt. Das elektrisch isolierende SiN auf den Elektrodenoberflächen ermöglicht eine elektrisch isolierte mechanische Verbindung der Elektroden mit einer nachfolgend erzeugten Membranschicht, die eigentlich zur elektrischen Anbindung der Elektroden 6 des Sensorelements 1 dient. Um einen elektrischen Kontakt zwischen den Elektroden 6 und einem Anschluss in der Membranschicht zu ermöglichen, ist für jede Elektrode 6 ein Kontaktloch 9 in der jeweiligen SiN-Beschichtung 8 ausgebildet. Das Kontaktloch 9 wird nicht im Bereich des Verankerungselements 7 angeordnet, um die elektrische Kontaktierung und die mechanische Verankerung einer Elektrode 6 zu entkoppeln.

Nachdem die Verankerungselemente 7, wie voranstehend beschrieben, erzeugt worden sind, wird die funktionelle Sensorstruktur ebenfalls in einem anisotropen Ätzverfahren, beispielsweise durch Trenchen, in die Siliziumschicht 2 eingebracht. Dabei werden sowohl die beweglichen Elemente 5 als auch unbewegliche Elemente, wie die Elektroden 6, der Sensorstruktur definiert. In einem weiteren Verfahrensschritt, dem Opferschichtätzen, werden die beweglichen Elemente 5 freigelegt. Dabei wird die Opferschicht 3 nicht nur unter den beweglichen Elementen 5 entfernt, sondern es findet auch eine Unterätzung der Elektroden 6 statt. Da das Verankerungsmaterial aber resistent gegen das HF-Dampfätzen ist, mit dem die Siliziumoxidschicht 3 entfernt wird, bleiben die Elektroden 6 über die Verankerungselemente 7 mechanisch fest mit dem Substrat 4 verbunden.

Die elektrische Anbindung der Elektroden 6 eines Sensorelements 1, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, kann über eine Dünnschichtmembran erfolgen, die die Sensorstruktur außerdem auch versiegelt. Alternativ zu einer derartigen Dünnschichtverpackung kann die elektrische Anbindung aber auch über eine sogenannte Kappenmembran realisiert werden, was nachfolgend anhand der Figuren 2 bis 4 näher erläutert werden soll.

Zum Erzeugen einer Kappenmembran wird auf die in Fig. 1 dargestellte Sensorstruktur eine zweite Opferschicht 11 aufgebracht, die im vorliegenden Fall ebenfalls aus Siliziumoxid gebildet ist. Die zweite Opferschicht 11 verschließt die Zwischenräume zwischen den einzelnen Elementen 5 und 6, so dass eine geschlossene Oberfläche entsteht, was in Fig. 2 dargestellt ist.

Anschließend wird die zweite Opferschicht 11 strukturiert, so dass überall dort Öffnungen 12 und 13 in der Opferschicht 11 entstehen, wo die Membranschicht direkt mit der Siliziumschicht 2 (Öffnungen 12) oder mit der SiN-Beschichtung 8 (Öffnungen 13) in Kontakt treten soll. In Fig. 3 sind dementsprechend im Bereich der Kontaktlöcher 9 Öffnungen 12 dargestellt und im Bereich der beschichteten Elektrodenoberflächen Öffnungen 13.

Über der strukturierten zweiten Opferschicht 11 wird dann eine Membranschicht 14, beispielsweise aus Poly-Silizium oder SiGe, erzeugt. Poly-Silizium kann nach

Aufbringen einer Startschicht einfach epitaktisch aufgewachsen werden. Danach wird die Membranschicht 14 strukturiert, was im Fall einer Poly-Siliziumschicht ebenfalls durch Trenchätzen erreicht werden kann. Bei dieser Strukturierung werden zum einen Öffnungen 15 für das Opferschichtätzen erzeugt, bei dem zumindest die zweite Opferschicht 11 und ggf. auch die erste Opferschicht 3 entfernt werden können. Zum anderen werden bei der Strukturierung der Membranschicht 14 Öffnungen 16 erzeugt, durch die die Kontaktführungen zwischen der funktionellen Siliziumschicht 2 und der Membranschicht 14 im Bereich der Kontaktlöcher 9 von den übrigen Bereichen der Membranschicht 14 elektrisch isoliert werden. Diese Öffnungen 16 werden im folgenden als Isolationstrenchs bezeichnet. Das Sensorelement 1 mit der so strukturierten Membranschicht ist in Fig. 4 dargestellt.

Nun können die zweite Opferschicht 11 und, falls noch nicht erfolgt, auch die erste Opferschicht 3 wieder entfernt werden, um die beweglichen Elemente 5 der Sensorstruktur freizulegen. Dazu wird in der Regel HF-Dampfätzten eingesetzt. Wie bereits erwähnt, wird das Verankerungsmaterial SiN dadurch nicht angegriffen, so dass die Elektroden 6 über die Verankerungselemente 7 sowohl mit dem Substrat 4 als auch mit der Membranschicht 14 mechanisch fest verbunden bleiben. Fig. 5 zeigt das Sensorelement 1 mit einer so erzeugten Kappenmembran 14. Zum einen steht die Kappenmembran 14 über die Kontaktlöcher 9 in unmittelbarem Kontakt zu den Elektroden 6 und ermöglicht so deren elektrische Anbindung. Zum anderen ist die Kappenmembran 14 über die SiN-Beschichtung 8 der Elektrodenoberflächen und die Verankerungselemente 7 mechanisch an das Substrat 4 angebunden, so dass auch die Kappenmembran 14 verankert ist.

Eine über die Kappenmembran 14 elektrisch angebundenen Elektrode 6 muss durch einen Isolationstrench 16 von den übrigen Bereichen der Kappenmembran 14 getrennt sein, um die elektrische Separation der Elektrode 6 zu erreichen. Das Verankerungselement 7 verhindert, dass die Elektrode 6 über den Isolationstrench 16 und andere Perforationslöcher vollständig unterätzt wird und sich dadurch vom Substrat 4 löst. Durch Anordnung des Kontaktlochs 9 und des Verankerungselementes 7 in unterschiedlichen Bereichen der Elektrode 6 werden die mechanischen

Verankerung und die elektrische Anbindung räumlich entkoppelt, so dass durch den Isolationstrench keine Komplikationen zu erwarten sind.

- Das erfindungsgemäße Konzept für Bauelemente, die aus SOI-Wafern hergestellt werden, ermöglicht die mechanische Verankerung von unbeweglichen Struktur-elementen, wie z.B. Elektroden, mit dem Substrat. Dies wird durch Verankerungs-elemente erreicht, die in die unbeweglichen Strukturelemente eingebracht werden und aus einem gegen das Opferschichtätzten resistenten Material bestehen. Im Falle einer Elektrodenverankerung muss das Verankerungsmaterial außerdem elektrisch isolierend sein, um eine räumliche Trennung von Verankerung und elektrischer Kontaktierung zu ermöglichen. Als Verankerungsmaterialien haben sich siliziumreiches Nitrid oder SiC bewährt.

R. 42290

5

Patentansprüche

1. Bauelement, insbesondere Sensorelement (1), mit einem als Träger dienenden Substrat (4) und einer Siliziumschicht (2), in der die Bauelementstruktur ausgebildet ist, wobei die Bauelementstruktur mindestens ein unbewegliches Element, insbesondere eine Elektrode (6), umfasst,
dadurch gekennzeichnet, dass das unbewegliche Element (6) über mindestens ein sich durch die Siliziumschicht (2) erstreckendes Verankerungselement (7) aus einem Verankerungsmaterial mechanisch mit dem Substrat (4) verbunden ist.
2. Bauelement nach Anspruch 1, wobei die Siliziumschicht (2) über eine Opferschicht (3) mit dem Substrat (4) verbunden ist,
dadurch gekennzeichnet, dass das unbewegliche Element (6) über mindestens ein sich durch die Siliziumschicht (2) und die Opferschicht (3) erstreckendes Verankerungselement (7) aus einem Verankerungsmaterial mechanisch mit dem Substrat (4) verbunden ist.
3. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Verankerungselement (7) im Wesentlichen mittig zur Oberfläche des unbeweglichen Elements (6) angeordnet ist.
4. Bauelement nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Verankerungselement eine Widerhakenstruktur aufweist, indem es sich im Bereich der Opferschicht bis unter die Siliziumschicht erstreckt.
5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Verankerungselement (7) zur Verankerung einer Elektrode (6) dient, dadurch gekennzeichnet, dass das Verankerungsmaterial elektrisch nicht leitend ist.

6. Bauelement nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenoberfläche zumindest in einem Bereich um das Verankerungselement (7) eine Beschichtung (8) aus Verankerungsmaterial aufweist.

5 7. Bauelement nach Anspruch 6, wobei sich die Beschichtung (8) im Wesentlichen über die gesamte Elektrodenoberfläche erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass in der Beschichtung (8) mindestens eine Kontaktloch (9) für die Elektrode (6) ausgebildet ist und dass das Kontaktloch (9) außerhalb des Bereichs des Verankerungselements (7) angeordnet ist.

10 8. Bauelement nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass über der Bauelementestruktur eine Kappenmembran (14) ausgebildet ist, dass die mindestens eine Elektrode (6) über die Kappenmembran (14) elektrisch kontaktiert wird und dass die Kappenmembran (14) über das Verankerungselement (7) mechanisch mit dem Substrat (4) verbunden ist.

15 9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Siliziumnitrid SiN oder Siliziumkarbid SiC als Verankerungsmaterial dient.

20 10. Verfahren zum Herstellen eines Bauelements, insbesondere eines Sensorelements (1), nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Bauelementestruktur, die mindestens ein unbewegliches Element, insbesondere eine Elektrode (6), umfasst, in einer Siliziumschicht (2) erzeugt wird, wobei die Siliziumschicht (2) über eine erste Opferschicht (3) mit einem Substrat (4) verbunden ist,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- dass im Bereich der Oberfläche des unbeweglichen Elements (6) mindestens eine Ausnehmung in der Siliziumschicht (2) erzeugt wird, die sich durch die gesamte Siliziumschicht (2) und die erste Opferschicht (3) bis zum Substrat (4) erstreckt und
- dass die Ausnehmung mit einem Verankerungsmaterial verfüllt wird, so dass das unbewegliche Element (6) über das dabei entstehende Verankerungselement (7) mechanisch mit dem Substrat (4) verbunden wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausnehmung in der Siliziumschicht (2) in einem anisotropen Ätzverfahren, insbesondere durch Trenchen, erzeugt wird.

5 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Opferschicht (3) im Bereich der Ausnehmung in einem anisotropen Ätzverfahren, insbesondere durch Trenchen, entfernt wird.

10 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Opferschicht im Bereich der Ausnehmung in einem isotropen Ätzverfahren entfernt wird, wobei der Randbereich der Ausnehmung in der Siliziumschicht unterstützt wird.

15 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Verankerungsmaterial auf der Siliziumschicht (2) abgeschieden wird, so dass es im Bereich der Ausnehmung auf dem Substrat (4) aufwächst und die Ausnehmung verfüllt, und dass die dabei entstandene Beschichtung (8) der Siliziumschicht (2) mit Verankerungsmaterial zumindest teilweise wieder entfernt wird.

20 15. Verfahren zum Herstellen eines Bauelements mit einer Kappenmembran (14) nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet,

- dass über der in der Siliziumschicht (2) definierten Bauelementestruktur, in der bereits mindestens eine Elektrode (6) mit dem mindestens einen Verankerungselement (7) ausgebildet ist, eine zweite Opferschicht (11) mit einer geschlossenen Oberfläche erzeugt wird,
- dass die zweite Opferschicht (11) strukturiert wird, wobei die zweite Opferschicht (11) im Bereich des Verankerungselementes (7) und im Bereich mindestens einer Kontaktstelle (9) an der Elektrodenoberfläche entfernt wird,
- dass über der strukturierten zweiten Opferschicht (11) eine Membranschicht (14) erzeugt wird,
- dass die Membranschicht (14) strukturiert wird, wobei Öffnungen (15) für das Entfernen der zweiten und ggf. auch der ersten Opferschicht (11, 3) erzeugt werden und Öffnungen (16), durch die die elektrische Anbindung der

Elektrode (6) an die Membranschicht (14) von den übrigen Bereichen der Membranschicht (14) elektrisch isoliert wird, und

- dass zumindest die zweite Opferschicht (11) entfernt wird.

5 16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht (14) aus Poly-Silizium oder aus SiGe erzeugt wird.

10 17. Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Membranschicht aus Poly-Silizium epitaktisch aufgewachsen wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Membranschicht (14) durch Trenchätzen strukturiert wird.

15 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Opferschicht (11) aus Siliziumoxid SiO erzeugt wird und dass die zweite Opferschicht (11) durch HF-Dampf-Ätzen entfernt wird.

R. 42290

5

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wird ein Konzept zur Verankerung von unbeweglichen Strukturelementen und insbesondere zur Elektrodenverankerung für Bauelemente vorgeschlagen, deren Bauelementstruktur in einer Siliziumschicht (2) über einem als Träger dienenden Substrat (4) ausgebildet ist. Dieses Konzept eignet sich besonders für Bauelemente, die aus SOI-Wafern hergestellt werden.

Erfnungsgemäß wird das unbewegliche Element (6) über mindestens ein sich durch die Siliziumschicht (2) erstreckendes Verankerungselement (7) aus einem Verankerungsmaterial mechanisch mit dem Substrat (4) verbunden. Im Falle eines SOI-Wafers erstreckt sich das Verankerungselement (7) durch die Siliziumschicht (2) und die Opferschicht (3) des SOI-Wafers. Dazu wird im Bereich der Oberfläche des unbeweglichen Elements (6) mindestens eine Ausnehmung in der Siliziumschicht (2) erzeugt, die sich durch die gesamte Siliziumschicht (2) und die Opferschicht (3) bis zum Substrat (4) erstreckt. Die Ausnehmung wird dann mit einem Verankerungsmaterial verfüllt, so dass das unbewegliche Element (6) über das dabei entstehende Verankerungselement (7) mechanisch mit dem Substrat (4) verbunden wird.

(Fig. 1)

R. 42290

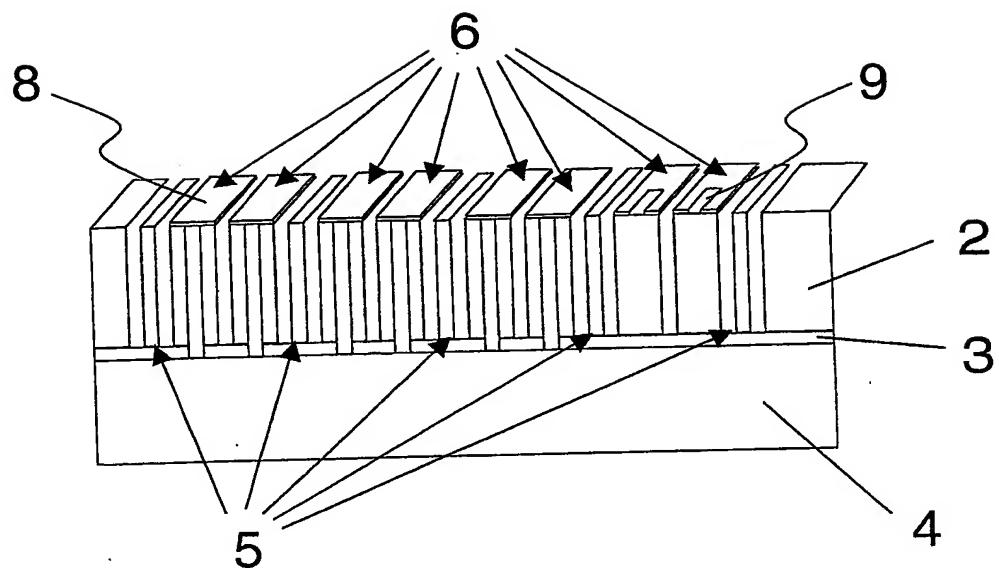


Fig. 1

R. 42290

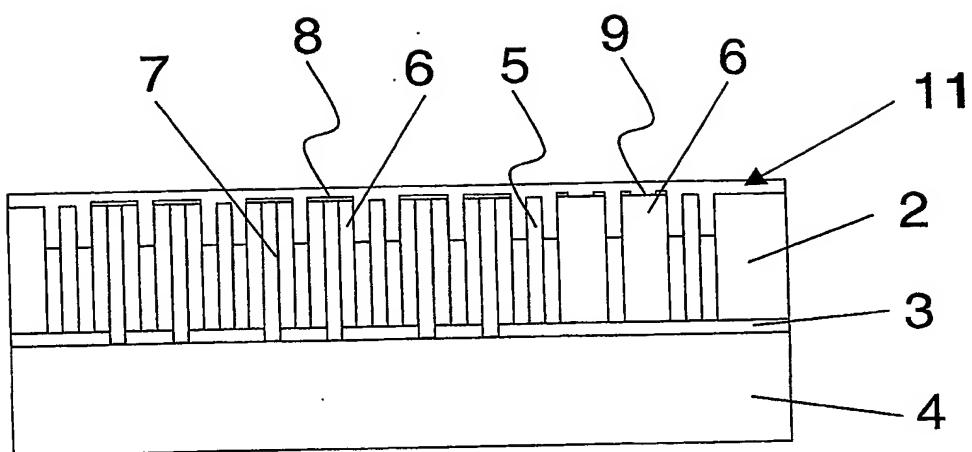


Fig. 2

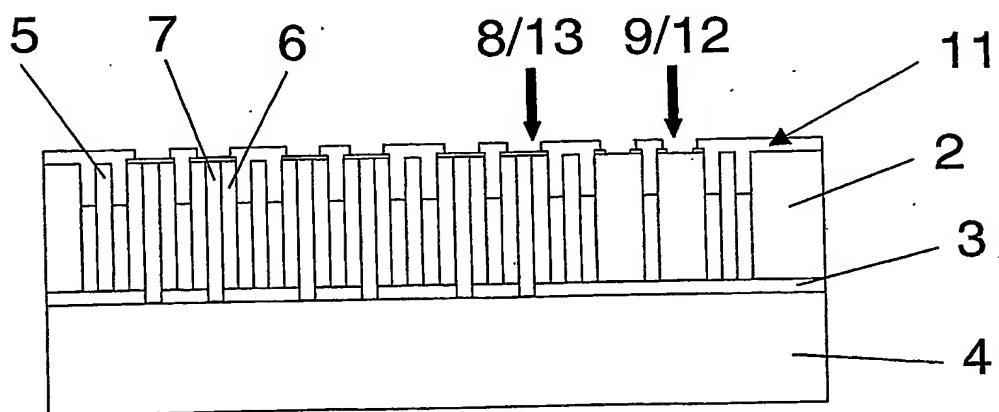


Fig. 3

R. 42290

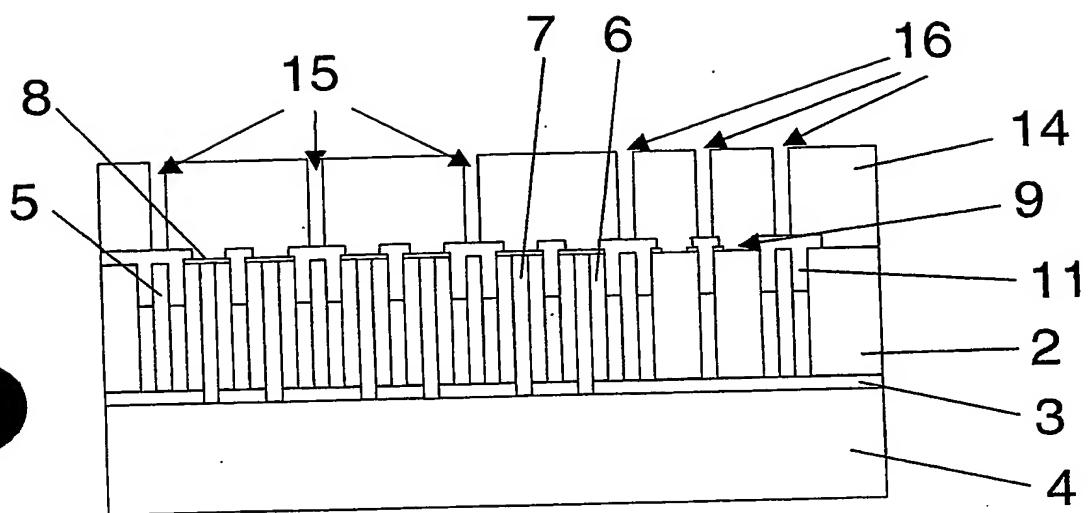


Fig. 4

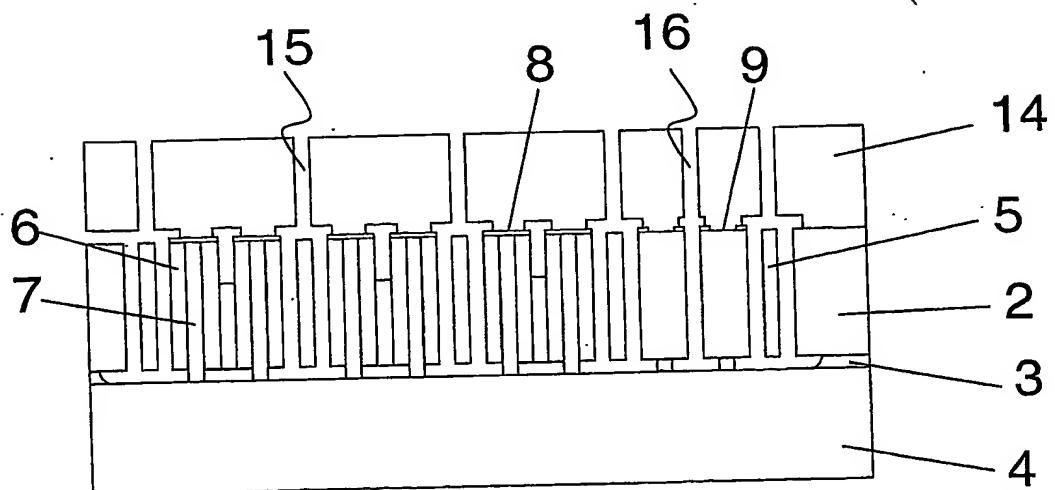


Fig. 5